บทสรุปผู้บริหาร

Executive summary

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาสูตรคอมปาวดิ้งพอลิแลคติกเอซิด เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์จำพวกถุงพลาสติกด้วยการเติมสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ เช่น ตัวเติมเพื่อลดต้นทุน สารเร่งการตกผลึก และสารเสริมสภาพพลาสติก เป็นต้น โดยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นไปตามมาตรฐานสากลด้านพลาสติกแตกสลายทางชีวภาพได้ และมีสมบัติใกล้เคียงกับถุงพลาสติกทั่วไปที่ใช้งานในท้องตลาด

งานวิจัยตลอดทั้งโครงการสามารถแบ่งการพัฒนาสูตรคอมปาวดิ้งของพอลิแลคติกเอซิดออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ (i) งานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาผลิตภัณฑ์ถุงพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่มีขายในท้องตลาดและ (ii) การพัฒนาสูตรคอมปาวดิ้งของพอลิแลคติกเอซิดเพื่อการผลิตในระดับกึ่งอุตสาหกรรมและระดับอุตสาหกรรม โดยสูตรคอมปาวดิ้งของพอลิแลคติกเอซิดดังกล่าวมีองค์ประกอบของสตาร์ชเพื่อลดต้นทุนการผลิต การเติมสารเสริมสภาพพลาสติกและพลาสติกแตกสลายทางชีวภาพได้ชนิดอื่น ๆ เพื่อปรับปรุงสมบัติของพอลิแลคติกเอซิด โดยจำกัดขอบเขตให้อยู่ในข้อกำหนดของมาตรฐาน GreenPla Positive List ของประเทศญี่ปุ่น

ในช่วงปีที่ 1 ของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและพบว่า ผลิตภัณฑ์ถุงพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่มีขายในท้องตลาดอันได้แก่ Terramac® Lacea® และ Bioplast® ด้วยเทคนิคอินฟราเรด (FT-IR) การวิเคราะห์ทางความร้อน (DSC) และกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงโพลาไรซ์ ซึ่งพบว่าถุงพลาสติกเหล่านี้ได้มาจากการผสมของพลาสติกแตกสลายทางชีวภาพได้หลายชนิดกับสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ อีกทั้งเช่น สารประกอบอนินทรีย์ และสตาร์ช ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นศึกษาผลของสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ เช่น สารเสริมสภาพพลาสติก (plasticizer) สารเร่งการตกผลึก (Nucleating agent) ตัวเติม (filler) และสารเสริมสภาพเข้ากันได้ (compatibilizer) เป็นต้น เพื่อคัดเลือกสารเติมแต่งที่จะใช้ในการผสมสูตรคอมปาวดิ้ง และทำการทดลองผสมสูตรคอมปาวดิ้งต่าง ๆ ด้วยการผสมในระดับห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งวิเคราะห์สมบัติทางกลและทางความร้อน เพื่อเป็นข้อมูลในการผลิตในระดับกึ่งอุตสาหกรรมและระดับอุตสาหกรรมต่อไปในช่วงปีที่ 2 ของโครงการ ในขณะเดียวกัน ผู้วิจัยได้ออกแบบและจัดซื้อเครื่อง Twin screw extruder จากบริษัท Labtech Engineering ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ผลิตในประเทศไทย เพื่อใช้ในการผสมสูตรคอมปาวดิ้ง โดยใช้งบประมาณจัดซื้อจากงานวิจัยชิ้นนี้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม พลาสติกชีวภาพมีสมบัติแตกต่างจากพลาสติกทั่วไป เช่น พอลิเอทิลีน เป็นอย่างมาก กระบวนการผลิตและระบบหล่อเย็นในเครื่อง Twin screw extruder จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาให้ใช้งานได้เหมาะสมกับพลาสติกชีวภาพโดยเฉพาะ

ในช่วงปีที่ 2 ของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาสูตรคอมปาวดิ้งของพอลิแลคติกเอซิดด้วยเครื่อง Twin screw extruder ตามที่ได้กล่าวถึงข้างต้น โดยสูตรของคอมปาวดิ้งที่ได้ทำการศึกษาได้แบ่งออกเป็น 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ คอมปาวด์ที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบเพื่อลดราคาต้นทุนของพอลิแลคติกเอซิด คอมปาวด์ที่มีสารเสริมสภาพพลาสติกเป็นองค์ประกอบและคอมปาวด์ของพอลิแลคติกเอซิดที่ผสมกับพลาสติกแตกสลายทางชีวภาพชนิดอื่น เพื่อปรับปรุงสมบัติด้านความยืดหยุ่นและความแข็งแรงของถุงพลาสติก คอมปาวด์ทั้งหมดที่เตรียมขึ้นได้ถูกนำไปศึกษาด้วยเทคนิคต่าง ๆ เช่นเดียวกับในช่วงปีที่ 1 เพื่อศึกษาโครงสร้างทางเคมี สมบัติทางความร้อน สมบัติกทางด้านผลึก สมบัติทางกล ลักษณะความเป็นเนื้อเดียวกันของคอมปาวด์และความสามารถในการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน เพื่อเป็นข้อมูลการผลิตถุงพลาสติกในระดับอุตสาหกรรม

จากการศึกษาสูตรคอมปาวดิ้งที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบ ผู้วิจัยพบว่าสตาร์ชช่วยเร่งการตกผลึกของพอลิแลคติกเอซิด โดยศึกษาจากผลวิเคราะห์ทางความร้อนและกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงโพลาไรซ์ แต่คอมปาวด์ที่ได้มีสมบัติ

ทางกลต่ำ เปราะหักง่าย เนื่องจากความไม่เข้ากันระหว่างพอลิแลคติกเอซิดกับสตาร์ช สูตรคอมปาวดิ้งเหล่านี้จึงจำเป็นต้องอาศัยสารเสริมสภาพเข้ากันได้ เช่น สารเชื่อมไซเลน เพื่อให้เกิดการเชื่อมขวางระดับโมเลกุลระหว่างสตาร์ชกับพอลิแลคติกเอซิด รวมถึงการนำเทคโนโลยีของเทอร์มอพลาสติกสตาร์ชมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ถุงพลาสติกที่เรียบเนียน มีความเหนียวและยืดหยุ่นได้สูงขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่าถุงพลาสติกที่ผลิตจากสูตรคอมปาวดิ้งเหล่านี้มีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นประเด็นในการศึกษาและพัฒนาต่อไปเพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์พลาสติกแตกสลายทางชีวภาพได้ที่มีสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจน เช่น ฟิล์มหรือถุงสุญญากาศ ถุงบรรจุข้าวสาร ซึ่งปัจจุบันผลิตภัณฑ์เหล่านี้ผลิตขึ้นจากไนลอนและพอลิเอทิลีน อย่างไรก็ตาม ถุงพลาสติกที่ผลิตจากสูตรคอมปาวดิ้งนี้สามารถดูดซับความชื้นได้สูง ทำให้ถุงพลาสติกมีสมบัติทางกลลดลง ไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานที่มีอายุการใช้งานยาวนาน ซึ่งเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ต้องทำการศึกษาต่อไป เพื่อให้ได้ถุงพลาสติกแตกสลายได้ทางชีวภาพที่สามารถทดแทนพลาสติกทั่วไปได้

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการดึงยืดฟิล์มในสองทิศทาง (Biaxial stretching) ของฟิล์มที่เตรียมได้จากสูตรคอมปาวดิ้งที่มีสารเชื่อมไซเลน ที่ช่วยเสริมสภาพความเข้ากันได้ระหว่างพอลิแลคติกเอซิดกับสตาร์ช ซึ่งพบว่าฟิล์มที่ถูกดึงยืดดังกล่าวมีสมบัติทางกลที่ดีกว่าฟิล์มที่ถูกขึ้นรูปด้วยการเป่าถุง ฟิล์มมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับความชื้นลดลง ซึ่งผู้วิจัยกำลังทำการพัฒนาเพื่อให้ได้ถุงพลาสติกที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงต่อไป

สำหรับสูตรคอมปาวด์ที่ผสมพอลิเอทิลีนไกลคอล ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารเสริมสภาพพลาสติกให้กับพอลิแลคติกเอซิดนั้น ได้ส่งเสริมสมบัติเชิงกลของถุงพลาสติกที่เตรียมได้ โดยผู้วิจัยพบว่าถุงพลาสติกที่ได้สามารถยืดตัวสูงสุดได้ใกล้เคียงกับถุงพลาสติกทั่วไป เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน รวมถึงพอลิเอทิลีนไกลคอลยังช่วยเร่งการตกผลึกให้พอลิแลคติกเอซิดและให้ถุงพลาสติกที่ใสกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับคอมปาวด์ที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบ

ในกรณีของการคอมปาวด์ของพอลิแลคติกเอซิดที่ผสมกับพลาสติกแตกสลายทางชีวภาพชนิดอื่น เช่น พอลิบิวทีลีนซัคซิเนต พอลิบิวทีลีนอะดิเพตเทอเรฟทาเรต ซึ่งเป็นพลาสติกแตกสลายทางชีวภาพที่มีความยืดหยุ่นสูง ผู้วิจัยพบว่าพลาสติกแตกสลายทางชีวภาพเหล่านี้สามารถลดความเปราะของพอลิแลคติกเอซิดลง และเพิ่มความแข็งแรงให้กับถุงพลาสติกที่เตรียมได้ อย่างไรก็ตาม พลาสติกแตกสลายทางชีวภาพที่มีความยืดหยุ่นสูงสามารถผสมกับพอลิแลคติกเอซิดได้เพียงปริมาณหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากปัญหาการแยกชั้น การเติมสารเสริมสภาพเข้ากันได้เป็นหนทางหนึ่งที่ถูกใช้กันในปัจจุบัน ซึ่งเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่จะต้องทำการศึกษาต่อไป เพื่อให้ได้พลาสติกแตกสลายทางชีวภาพได้และมีสมบัติที่สามารถทดแทนพลาสติกทั่วไปได้อย่างสมบูรณ์

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาถุงพลาสติกที่ถูกขึ้นรูปโดยการเป่าถุงด้วยเทคนิคแบบหลายชั้น (multi-layer film) โดยมีองค์ประกอบของพลาสติกแตกสลายทางชีวภาพได้และพอลิเมอร์ชนิดอื่นที่มีสมบัติเชิงกลที่ดีเป็นฟิล์มชั้นหนึ่งเพื่อช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับฟิล์มพอลิแลคติกเอซิดอีกชั้น ซึ่งพบว่าถุงพลาสติกที่ได้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่ความยืดหยุ่นน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีฟิล์มชั้นเดียว อย่างไรก็ตาม การนำเทคนิคแบบหลายชั้นมาใช้ได้ก่อให้เกิดปัญหาการแยกชั้นของพอลิเมอร์แต่ละชนิด ซึ่งเป็นประเด็นที่จะต้องทำการศึกษาต่อไป โดยอาศัยการปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์ (functionalization) เพื่อเพิ่มความเข้ากันได้ระหว่างพอลิเมอร์ต่างชนิดกัน ภายใต้หลักการ "Like dissolves like"

ในส่วนของการตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารระดับนานาชาติและสิทธิบัตรของผลงานวิจัยกำลังอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเอกสาร ตลอดช่วงโครงการนี้ได้รับความร่วมมือจากคณะวิจัย ซึ่งได้แก่ ดร.สุทธินันท์ พงษ์ธรรมรักษ์ (นักวิจัยหลัง

ปริญญาเอก) และผู้ช่วยวิจัยระดับนิสิตปริญญาโทที่ได้สำเร็จการศึกษาแล้ว ได้แก่ นางสาวเมศินี คณาธนานันท์ นางสาววดี ชิวธนาสุนทร และนางสาวนุรักษ์ สังข์ศรี